

00P222 89



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 46 687 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
A 61 B 19/00
A 61 B 5/055
A 61 B 6/03
A 61 B 17/00
G 06 T 17/00

⑲ Aktenzeichen: 198 46 687.0
⑳ Anmeldetag: 9. 10. 1998
㉑ Offenlegungstag: 27. 4. 2000

DE 198 46 687 A 1

⑦① Anmelder:
Auer, Ludwig M., Prof. Dr., 66424 Homburg, DE

⑦④ Vertreter:
LEINWEBER & ZIMMERMANN, 80331 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
US 54 79 927

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zum Ausführen von medizinischen Eingriffen und Verfahren zum Erzeugen eines Bildes

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ausführen von medizinischen Eingriffen am menschlichen oder tierischen Körper sowie ein Verfahren zum Erzeugen eines Bildes des menschlichen oder tierischen Körpers. Erfindungsgemäß werden präoperativ gewonnene erste Bilddaten mittels intraoperativ gewonnener zweiter Bilddaten aktualisiert, und zwar entsprechend den Veränderungen zwischen zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommenen zweiten Bilddaten.

DE 198 46 687 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ausführen von medizinischen Eingriffen (Operationen) am menschlichen oder tierischen Körper, mit einer Einrichtung zum Speichern von ersten Bilddaten über das Operationsgebiet, die beispielsweise im Wege der Computertomographie und/oder der Kernspintomographie gewonnen worden sind, und mit einer Einrichtung zum Anzeigen von Bilddaten.

Im Gegensatz zu Operationen in der Orthopädie ändert sich das Operationsgebiet z. B. in der Hirnchirurgie und der Leberchirurgie während des Eingriffs. Im Falle beispielsweise der Koagulation eines Hirntumors treten nämlich zwei Effekte auf.

Der Hirntumor wird sich zum einen absenken und zum anderen an Volumen abnehmen, wobei das Gehirn jeweils sofort das von dem koagulierenden Tumor freigegebene Volumen einnimmt. Mithin ist es erforderlich, präoperativ gewonnene Bilddaten intraoperativ zu aktualisieren, um zu verhindern, daß wegen falscher oder fehlender Informationen über die aktuelle Lage des zu koagulierenden Tumors Schädigungen des angrenzenden Gehirns auftreten.

Um detaillierte Informationen über das Operationsgebiet zu erhalten, werden bildgebende Verfahren eingesetzt, wie beispielsweise die Kernspintomographie und die Computertomographie. Beide bildgebenden Verfahren sind aber nur eingeschränkt oder gar nicht zur intraoperativen Bildgebung geeignet. Bildgebende Verfahren mittels Ultraschalls können zwar intraoperativ angewendet werden, die damit gewonnenen Bilddaten sind aber meist nicht detailliert genug.

Der Erfindung liegt mithin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit der intraoperativ ausreichend detaillierte Bilddaten ermittelt und angezeigt werden können.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst durch eine beispielsweise mit Ultraschall arbeitende bildgebende Einrichtung zum Gewinnen von zweiten Bilddaten über das Operationsgebiet während der Operation und eine Aktualisierungseinrichtung, die dazu ausgelegt ist, zu einem ersten Zeitpunkt gewonnene zweite Bilddaten mit zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt gewonnenen zweiten Bilddaten zu vergleichen, die ersten Bilddaten entsprechend der sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung zu aktualisieren und die aktualisierten ersten Bilddaten der Anzeigeeinrichtung zuzuleiten.

Mit anderen Worten werden intraoperativ nicht oder nur schwer zu erhaltende, jedoch ausreichend detaillierte Bilddaten präoperativ gewonnen und intraoperativ mittels während der Operation leichter zu erhaltender, jedoch weniger detaillierter Bilddaten aktualisiert und angezeigt, so daß ein aktuelles und ausreichend detailliertes, wenngleich künstlich erzeugtes Bild erhalten und angezeigt werden kann. Es werden also erfindungsgemäß die intraoperativ erhaltenen Bilddaten nicht selbst zur Anzeige gebracht, sondern nur dazu verwendet, präoperativ erhaltene und wesentlich detailliertere Bilddaten zu aktualisieren.

Erfindungsgemäß bevorzugt kann vorgesehen sein, daß die Aktualisierungseinrichtung die ersten Bilddaten in vorbestimmten Zeitabständen aktualisiert. Die Zeitabstände werden dabei den der jeweilig durchzuführenden Operation eigenen Erfordernissen angepaßt sein. Manche Veränderungen, wie z. B. Schrumpfungen bei Koagulation erfordern, daß die Aktualisierung nahezu in Echtzeit erfolgt. Dies kann viele Aktualisierungen pro Sekunde bedeuten.

Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Aktualisierungseinrichtung die ersten Bilddaten immer dann aktualisiert, wenn die sich aus dem Vergleich ergebenden Änderun-

gen ein vorbestimmtes Maß überschreiten. Mit anderen Worten erfolgt eine Aktualisierung nur dann, wenn dies erforderlich ist, weil zu berücksichtigende Änderungen eingetreten sind. Dadurch kann die zur Aktualisierung erforderliche Rechenzeit und -kapazität auf ein Minimum reduziert werden.

Bevorzugt weist die erfindungsgemäße Vorrichtung einen Operationsroboter auf, der dazu ausgelegt ist, unter Einbeziehung der aktualisierten ersten Bilddaten manuell eingegebene Befehle auszuführen und/oder nach einem vorbestimmten Programm mindestens einen Operationsschritt selbsttätig auszuführen.

Mit anderen Worten arbeitet der Operationsroboter selbsttätig auf der Grundlage der jeweils aktualisierten ersten Bilddaten, und/oder er wird von einem Operateur geführt, der die jeweils aktualisierten Bilddaten der Anzeigeeinrichtung entnehmen kann und gegebenenfalls durch endoskopische Einrichtungen direkten Einblick in den Operationsbereich hat.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, daß der Operationsroboter dazu ausgelegt ist, auf ein vorbestimmtes Volumen in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet beschränkt zu arbeiten. Dieses Volumen kann beispielsweise ein zu koagulierender Hirntumor sein. Mithin wird der Operationsroboter in diesem Fall die Koagulation auf den Tumor beschränken, so daß angrenzende Gehirnschubstanz nicht gefährdet ist.

Der Operationsroboter kann erfindungsgemäß dazu ausgelegt sein, einen vorbestimmten Abstand zu einer vorbestimmten Grenzoberfläche in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet einzuhalten. Wiederum gilt, daß dadurch an das Operationsgebiet angrenzende Hirnschubstanz vor einer Schädigung durch den Operationsroboter sicher ist.

Ferner kann der Operationsroboter erfindungsgemäß dazu ausgelegt sein, einen vorbestimmten Punkt in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet anzufahren. Bei so einem Anfahrpunkt kann es sich beispielsweise um das Zentrum eines zu koagulierenden Hirntumors handeln.

Erfindungsgemäß bevorzugt ist eine Einrichtung zum Eingeben des Beschränkungsvolumens, der Grenzoberfläche und/oder des Anfahrpunktes vorgesehen. Dadurch hat der Operateur die Möglichkeit, dem Operationsroboter präoperativ und/oder intraoperativ die für die Sicherheit erforderlichen und oben beschriebenen Grenzen zu setzen bzw. einen Anfahrpunkt zu setzen, der zu Beginn, im Verlauf oder gegen Ende der Operation von dem Operationsroboter angefahren werden soll.

Erfindungsgemäß bevorzugt ist eine Eicheinrichtung vorgesehen, die fest an dem Körper anzubringen ist und die mindestens eine Landmarke aufweist, welche bezüglich des Körpers einen festen gemeinsamen Bezugspunkt für die ersten und die zweiten Bilddaten darstellt. Eine solche Eicheinrichtung dient beispielsweise dazu, mittels Ultraschall erhaltene Bilddaten unmittelbar vor Beginn der Operation mit präoperativ im Wege der Computertomographie oder der Kernspintomographie erhaltenen Bilddaten durch sogenannte Koregistrierung abgleichen zu können.

Die Eicheinrichtung ist erfindungsgemäß bevorzugt von einem stereotaktischen Rahmen gebildet. Selbstverständlich sind auch andere (äquivalente) Einrichtungen für diesen Zweck einsetzbar.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Erzeugen eines Bildes eines menschlichen oder tierischen Körpers.

Wie bereits oben erwähnt, gibt es Situationen, beispielsweise während einer Operation, in denen nur Bildgebungsverfahren angewendet werden können, die keine ausrei-

dann werden Landmarkenpunkte mit der Spitze des Operationsinstruments als Eichungsgerät angefahren, wodurch eine eindeutige Beziehung zwischen dem Arbeitsraum des Roboters und dem Raum der präoperativ hergestellten Bilder erzeugt wird. Eine ähnliche feste Verbindung wird sodann hergestellt zwischen dem stereotaktischen Rahmen 14 und dem zu implantierenden Ultraschallkopf 20 zur Herstellung 3-dimensionaler Ultraschallbilder. Durch diese feste, vorgegebene Verbindung zwischen dem präoperativen Bildraum und dem intraoperativen Ultraschallbildraum besteht die Möglichkeit, Veränderungen im Operationsfeld mit Hilfe der Ultraschallbildgebung zunächst einmal festzuhalten.

Sodann erfolgt eine sogenannte Koregistrierung zwischen präoperativen und intraoperativen Bildern mit dem Ziel, diese Informationen in Echtzeit an den Roboterarm weiterzugeben und damit die geplanten operativen Schritte an die aktuellen räumlichen Gegebenheiten anzupassen. Außerdem ermöglicht es dieser Koregistrierschritt, für die Bild-darstellung, welche dem Operateur während des Eingriffs als Orientierung dient, die jeweils qualitativ hochwertigste Darstellung der aktuellen Gegebenheiten zu erhalten, indem durch die Koregistrierung zum Beispiel der präoperative 3D-Kernspindatensatz nach den im intraoperativen Ultraschallbild erkannten räumlichen Veränderungen abgewandelt und dargestellt wird. Der koregistrierte, abgewandelte Kernspindatensatz als Kunstprodukt eines Koregistrierschrittes wird daher Bilder ergeben, welche den Anschein erwecken, es sei intraoperative Kernspintomographie durchgeführt worden. Tatsächlich aber wurde die Bildinformation von der intraoperativen Ultraschallbildgebung dazu verwendet, den präoperativen Kernspindatensatz derart abzuändern, daß das neue Kernspinbild den aktuellen räumlichen Gegebenheiten entspricht und identisch mit denen des aktuellen Ultraschallbildes ist. Damit können gegebenenfalls auch Bilddetails aus dem Kernspinbild, welche im Ultraschallbild nicht darstellbar sind, in diese abgewandelten, der aktuellen Situation angeglichenen Form dargestellt werden und dem Operateur ein hoch aufgelöstes virtuelles Bild seines Operationsgebietes präsentieren. Umgekehrt werden damit auch Bildinhalte präsentierbar, welche im präoperativen Bild nicht vorkommen, die also erst mittels des Ultraschalls erhalten werden können.

Im Detail bedeutet dieser Koregistriermechanismus, daß vorgeplante Zielpunkte, Strecken, Flächen und Räume des Roboterraumes jeweils den aktuellen Gegebenheiten im Operationsgebiet angepaßt werden. Sie ermöglichen aktuell präzises Operieren.

Wenn also z. B. eine Koagulationssonde aktiviert wird, um den zentralen Bereich eines Tumors zu koagulieren, wird als Folge des Koagulationsvorgangs der gesamte Tumor schrumpfen und die vom Operateur präoperativ vorgegebene Tumorgrenze nicht mehr den aktuellen Tumorgrenzen entsprechen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dazu in der Lage, Bewegungen dieser vorgegebenen Grenze zu beobachten und zu dokumentieren, also die Volumenveränderungen zu registrieren und an den Operationsroboter weiterzugeben. Das vom Operateur im Rahmen seiner präoperativen Planung vorgegebene Volumen wird als "Alarmvolumen" bezeichnet. Die Steuersoftware zur Registrierung von Veränderungen dieses Volumens bzw. Veränderungen der Oberfläche dieses Volumens wird als "Alarmvolumen-Adaptierungstool" (AVAT) bezeichnet.

Eines der Programme für robotische operative Leistungen besteht darin, ein vom Operateur vorgeplantes Volumen automatisch zu koagulieren. Dabei wird der automatische Koagulationsvorgang gestoppt, sobald das aktuell koagulierte Volumen an einer Stelle das geplante Volumen erreicht. Dabei ist die Leistung des AVAT zu berücksichtigen, welches

gewährleistet, daß das geplante Volumen gegen Ende des Koagulationsvorgangs nicht mehr dem aktuellen Volumen entspricht, weil der gesamte Tumor während des Koagulationsvorgangs geschrumpft ist. Der Koagulationsvorgang wird also entsprechend der Bewegung der Tumoroberfläche während des Koagulationsvorgangs adaptiert und früher beendet.

Der nächste Operationsschritt besteht dann beispielsweise darin, die Spitze der Koagulationssonde in den Mittelpunkt jener neuen Kugel zu befördern, welche den größtmöglichen nächsten zu koagulierenden Resttumoranteil beinhaltet. Auch dabei ist wieder das AVAT zur Adaptierung zwischen geplantem und aktuellem Volumen zu berücksichtigen. Außerdem wird für diesen und die darauffolgenden Schritte zur dritten, vierten, etc. Koagulation jeweils die Bewegung vom aktuellen Standpunkt der Sondenspitze zu einem vorgegebenen Eintrittspunkt und von dort entlang einer Zugangsstrecke zum neuen Zielpunkt geführt.

Ein weiterer Programmablauf ist beispielsweise dazu vorgesehen, die innere Oberfläche eines zystischen Tumors mit einem Operationsinstrument abzuscannen, zuerst eine vorgegebene Schichtdicke zu koagulieren und sodann das koagulierte Gewebe abzuschürfen. Dabei wird das Distanzhaltetprogramm aktiviert, welches gewährleistet, daß ein Sicherheitsabstand von der Koagulationsgrenze gehalten wird, damit bei der Tumorentfernung Blutungen vermieden werden.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen sowie der Zeichnung offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ausführen von medizinischen Eingriffen (Operationen) am menschlichen oder tierischen Körper, mit

einer Einrichtung (18) zum Speichern von ersten Bilddaten über das Operationsgebiet, die beispielsweise im Wege der Computertomographie und/oder der Kernspintomographie gewonnen worden sind, und einer Einrichtung (22) zum Anzeigen von Bilddaten, gekennzeichnet durch

eine beispielsweise mit Ultraschall arbeitende bildgebende Einrichtung (20) zum Gewinnen von zweiten Bilddaten über das Operationsgebiet während der Operation und

eine Aktualisierungseinrichtung (10, 12), die dazu ausgelegt ist, zu einem ersten Zeitpunkt gewonnene zweite Bilddaten mit zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt gewonnenen zweiten Bilddaten zu vergleichen, die ersten Bilddaten entsprechend der sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung zu aktualisieren und die aktualisierten ersten Bilddaten der Anzeigeeinrichtung (22) zuzuleiten.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktualisierungseinrichtung (10, 12) die ersten Bilddaten in vorbestimmten Zeitabständen aktualisiert.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktualisierungseinrichtung (10, 12) die ersten Bilddaten immer dann aktualisiert, wenn die sich aus dem Vergleich ergebenden Änderungen ein vorbestimmtes Maß überschreiten.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Operationsroboter (24), der dazu ausgelegt ist, unter Einbeziehung der

chend detaillierten Bilddaten ergeben.

Der Erfindung stellt sich mithin die Aufgabe, ein Verfahren der genannten Art anzugeben, das auch dann intraoperativ detaillierte Bilddaten ergibt, wenn ein entsprechend detailliert arbeitendes Bildgebungsverfahren intraoperativ nicht anwendbar ist.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe durch ein Verfahren mit folgenden Schritten gelöst:

- Speichern erster, beispielsweise im Wege der Computertomographie oder der Kernspintomographie gewonnener Bilddaten des Körpers,
- Aufnehmen zweiter Bilddaten des Körpers, beispielsweise mittels Ultraschalls, zu einem ersten und zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt,
- Vergleichen der zu dem ersten und zu dem zweiten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten miteinander,
- Aktualisieren der ersten Bilddaten entsprechend einer sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung und
- Anzeigen der aktualisierten ersten Bilddaten.

Wie bereits oben unter Bezugnahme auf die erfindungsgemäße Vorrichtung detailliert erläutert, wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in bestimmten Situationen, d. h. beispielsweise während einer Operation, ein Bildgebungsverfahren angewendet, das weniger detaillierte Bilddaten liefert, wobei nicht diese weniger detaillierten Bilddaten, sondern anhand der Änderung der weniger detaillierten Bilddaten aktualisierte detailliertere Bilddaten angezeigt werden.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß sich das erfindungsgemäße Verfahren ausschließlich auf das Erzeugen bzw. Anzeigen eines Bildes des menschlichen oder tierischen Körpers, nicht aber auf eine Diagnose oder Therapie bezieht. Zur Diagnose ist es nämlich erforderlich, das Bild nicht nur zu erzeugen und anzuzeigen, sondern auch auszuwerten. Zur Therapie sind über die bloße Erzeugung und das bloße Anzeigen hinausgehende Maßnahmen an dem Körper erforderlich.

Erfindungsgemäß bevorzugt werden der erste Zeitpunkt und die Lage des Körpers bei dem Aufnehmen der zweiten Bilddaten derart gewählt, daß die zum ersten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten den gespeicherten ersten Bilddaten entsprechen.

Mit anderen Worten wird eine Eichung insofern vorgenommen, daß die ersten und die zweiten Bilddaten einmal aufeinander abgestimmt werden, indem sie ein und denselben Zustand des Körpers wiedergeben.

Erfindungsgemäß kann der Schritt des Aktualisierens in vorbestimmten Zeitabständen durchgeführt werden.

Es kann aber auch vorgesehen sein, daß der Schritt des Aktualisierens immer (nur) dann durchgeführt wird, wenn die sich aus dem Vergleich ergebenden Änderungen ein vorbestimmtes Maß überschreiten. Dadurch kann Rechenzeit und -kapazität eingespart werden.

Im folgenden ist die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung mit weiteren Einzelheiten näher erläutert, wobei die Zeichnung schematisch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt.

Herzstück der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ein Rechner 10 mit einem Vergleichler 12. Mittels eines fest am Körper, zu neurochirurgischen Zwecken beispielsweise am Kopf angebrachten stereotaktischen Rahmens 14 wird präoperativ unter Einbeziehung von Landmarken ein Compu-

tertogramm und/oder ein Kernspintogramm mittels eines Computertomographen bzw. Kernspintomographen 16 aufgenommen. Die dabei erhaltenen Bilddaten werden in einem Speicher 18 abgelegt. Zu Beginn der Operation wird unter Benutzung desselben stereotaktischen Rahmens 14 mittels eines Ultraschallgeräts 20 ein Ultraschallbild aufgenommen, das zu Eichzwecken mit dem Computertomogramm bzw. Kernspintogramm abgeglichen wird.

Das präoperativ gewonnene Computertomogramm bzw. Kernspintogramm wird mittels einer Anzeige, beispielsweise in Form eines Monitors 22 angezeigt.

Im Verlaufe der Operation, die beispielsweise mittels eines Operationsroboters 24 durchgeführt wird, werden immer wieder Ultraschallbilder erzeugt, die mit vorhergehenden Ultraschallbildern verglichen werden. Dabei sich ergebende Abweichungen dienen dazu, das Computertomogramm bzw. das Kernspintogramm entsprechend zu ändern. Die jeweils so geänderte aktuellste Version des Computertomogramms bzw. Kernspintogramms wird zum einen von dem Rechner 12 dem Monitor 22 zugeführt, so daß der Operateur durchgehend über den Verlauf der Operation informiert ist. Zum anderen wird sie aber auch verwendet, um den Operationsroboter 24 zu steuern, was beispielsweise beinhaltet, daß ihm ein (sich im Laufe der Operation veränderndes) Operationsvolumen zugewiesen wird, wobei er beispielsweise weiter dazu angehalten wird, einen vorbestimmten Abstand von einer vorher in den Rechner eingegebenen Grenzoberfläche einzuhalten.

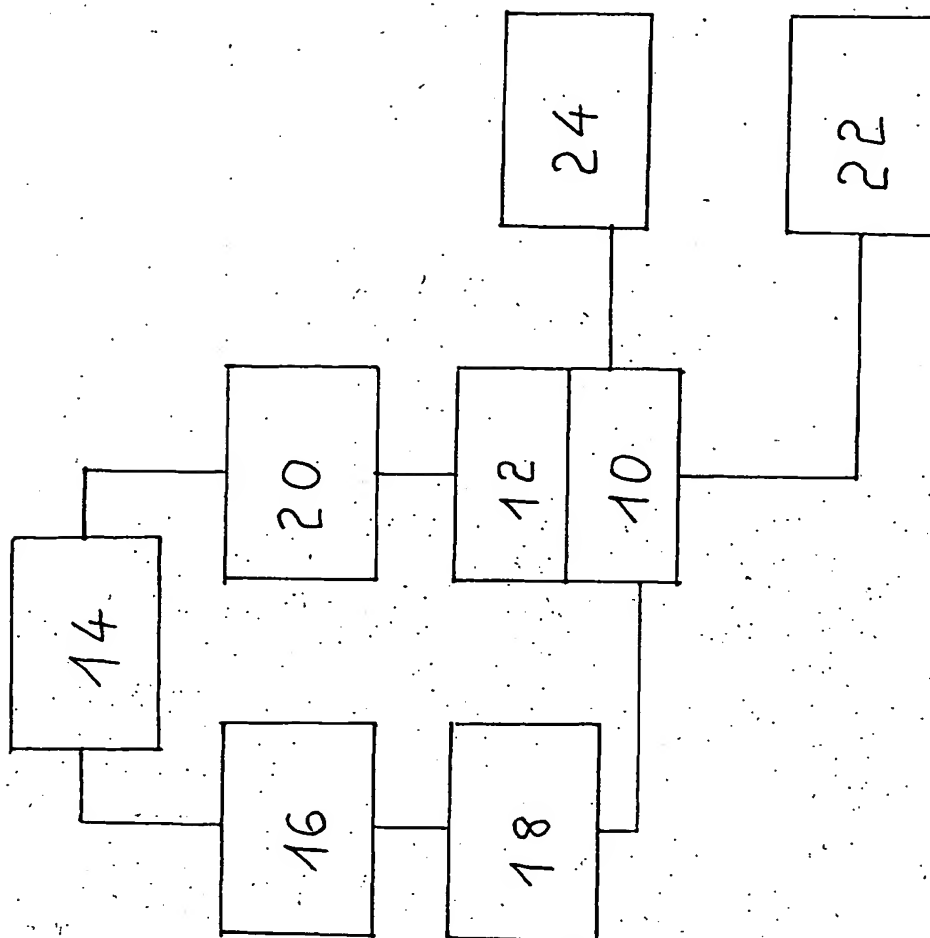
Der Operationsroboter 24 ist u. a. zu folgendem in der Lage:

- automatisches Beschränken auf einen vom Operateur vorgeplanten Raum,
- automatisches Halten einer vorgegebenen Distanz zu einer Oberfläche im Operationsgebiet und/oder
- Zurückkehren zu einem vorgewähltem Punkt im Operationsfeld oder am operativen Zugangsweg.

Das Programmieren dieser robotischen Leistungen erfolgt dadurch, daß der Operateur auf Schichtbildern präoperativ erhaltener Bilddatensätze manuell Umgrenzungen angibt, welche sodann Punkte, Strecken oder Räume ergeben und für die Steuerung des Operationsroboters 24 verwendet werden können. Ein solcher Punkt kann ein Start- oder Zielpunkt oder ein Rückkehrpunkt auf einen operativen Zugangsweg sein. Eine Strecke kann eine Verbindungslinie zwischen verschiedenen Punkten auf einem Zugangsweg zu einem Operationsgebiet oder innerhalb des Operationsgebietes sein. Ein Raum oder Volumen kann der Umfang eines soliden oder zystischen Tumors oder einer Zyste bzw. deren Wandung sein, deren Außengrenze mit einem Operationsinstrument nicht berührt werden soll.

Zur Kontrolle der räumlichen Gegebenheiten und ihrer Veränderungen während einer Operation bedient sich der Operateur der intraoperativen Ultraschallbildgebung.

Vor der Operation wird ein 3D-Datensatz mit einem bildgebenden Verfahren wie etwa der Kernspintomographie oder der Computertomographie hergestellt. Dieser Datensatz dient als Referenzbildgebung für die weiteren Schritte. Während dieser Untersuchung wird für neurochirurgische Zwecke dem Patienten der stereotaktische Rahmen 14 am Kopf befestigt. Dieser Rahmen 14 enthält Landmarken, welche zur Eichung bzw. Koregistrierung der Systeme zu Operationsbeginn verwendet werden können. Zum Zeitpunkt des Operationsbeginns wird der Operationsroboter 24, der beispielsweise die Form eines Roboterarms hat, in eine fest vorgegebene räumliche Beziehung zu dem montierten stereotaktischen Rahmen 14 gebracht und fest montiert. So-



aktualisierten ersten Bilddaten manuell eingetragene Befehle auszuführen und/oder nach einem vorbestimmten Programm mindestens einen Operationsschritt selbsttätig auszuführen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Operationsroboter (24) dazu ausgelegt ist, auf ein vorbestimmtes Volumen in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet beschränkt zu arbeiten.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Operationsroboter (24) dazu ausgelegt ist, einen vorbestimmten Abstand zu einer vorbestimmten Grenzoberfläche in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet einzuhalten.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Operationsroboter (24) dazu ausgelegt ist, einen vorbestimmten Punkt in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet anzufahren.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Eingeben des Beschränkungsvolumens, der Grenzoberfläche und/oder des Anfahrpunktes.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Eicheinrichtung (14), die fest an dem Körper anzubringen ist und die mindestens eine Landmarke aufweist, welche bezüglich des Körpers einen festen gemeinsamen Bezugspunkt für die ersten und die zweiten Bilddaten darstellt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Eicheinrichtung (14) von einem stereotaktischen Rahmen gebildet ist.

11. Verfahren zum Erzeugen eines Bildes eines menschlichen oder tierischen Körpers, mit folgenden Schritten:

- Speichern erster, beispielsweise im Wege der Computertomographie oder Kernspintomographie gewonnener Bilddaten des Körpers,
- Aufnehmen zweiter Bilddaten des Körpers, beispielsweise mittels Ultraschalls, zu einem ersten und zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt,
- Vergleichen der zu dem ersten und zu dem zweiten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten miteinander,
- Aktualisieren der ersten Bilddaten entsprechend einer sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung und
- Anzeigen der aktualisierten ersten Bilddaten.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Zeitpunkt und die Lage des Körpers bei dem Aufnehmen der zweiten Bilddaten derart gewählt werden, daß die zum ersten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten den gespeicherten ersten Bilddaten entsprechen.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aktualisierens in vorbestimmten Zeitabständen durchgeführt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aktualisierens immer dann durchgeführt wird, wenn die sich aus dem Vergleich ergebenden Änderungen ein vorbestimmtes Maß überschreiten.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: Small Printed

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)